

＜基本計画書＞

リアルタイムアプリケーションを支える 動的制御型周波数共用技術に関する研究開発

1. 目的

5G 等の技術進展に伴い、工場自動化や建設機械の遠隔制御、医療分野での遠隔診断等の様々なサービスへの活用を念頭に、次世代の無線規格では低遅延・高信頼性に向けた検討が始まっている。特に、工場等では IoT 機器の導入が急速に進められ、これまで有線で接続されていた機器の無線化が進んでおり、有線通信と無線 LAN、5G 等の複数の無線システムが融合したヘテロジーニアスなローカルエリアネットワークとしての無線通信の活用が期待が高まっている。

他方、無線通信には特有の課題として、ノイズや他通信からの干渉、パケットロス等により常に通信が途絶・遅延する可能性があるため、有線系ネットワークの技術を無線通信にそのまま適用することは困難である。また、製造現場等における制御システム等のリアルタイム性の高いアプリケーションからの通信に対して、従来の無線通信ではデータ到達時間の保証を行うことができないといった課題がある。さらに、一般に大容量通信と、データの到達時間保証や高信頼性を求める通信はどちらも多くの周波数リソースが必要であり、限られた周波数資源において固定的なスケジューリング・リソース配分をすると、通信要件の異なる多様なアプリケーションを同時に収容できなくなるといった問題が発生する。今後、ポストコロナ等の状況を踏まえると、更に広範な分野において無人化・遠隔作業等のニーズが急速に高まり、データの到達時間保証や高信頼性を要求するユースケースの増加・拡大に伴い周波数需要の急激な増大が予測される。

このような課題に対応するため、無線通信と有線系ネットワークが融合し、通信要件の異なる複数のアプリケーションが混在する環境において、データの到達保証を行いつつ多数のアプリケーションを収容するためのネットワーク最適制御を行う技術の実現が必要である。本研究開発では、複数の異なる周波数帯の無線リソースを仮想的に 1 つのリソースとみなして動的に管理することにより通信の到達保証を行う技術、有無線ネットワークを動的にスライシングすることにより最適制御を行う技術を確立することで、既存の周波数を用いた高信頼性の無線通信を実現しつつ、周波数の共用及び利用効率の向上に資することを目指す。

2. 政策的位置付け

- ・「統合イノベーション戦略 2020」（令和 2 年 7 月 17 日閣議決定）

「Ⅱ. 3. ③レジリエントで持続可能な社会・経済構造の構築」において 5G 等の情報通信技術の製造現場での本格活用のための技術開発や先行事例の創出に向けて取り組む」旨が記載されている。

- ・「成長戦略フォローアップ」（令和２年７月１７日閣議決定）
「４．（２）ｖ）次世代産業システム ①サプライチェーンにおけるデータ連携・活用の促進」において、「５Ｇ等の情報通信技術の製造現場での本格活用のための技術開発や先行事例の創出に向けて取り組む」旨記載されている。
- ・「新たな情報通信技術戦略の在り方」第４次中間答申（令和２年８月５日）
「４．２．１．２（３）②製造分野」において、「制御系のワイヤレス化への期待から更なる低遅延や遅延保証等への要求を満たすための標準化作業が見込まれ、この動きを活用する視点が重要」の旨が記載されている。

３．目標

通信要件の異なる複数のアプリケーションが混在する環境下においても、リアルタイム性の高いアプリケーションに対して確実な通信を行うための技術として、ローカルエリアネットワークにおける無線リソースの仮想化・動的管理技術及び遅延保証技術、オンデマンドネットワークスライシング技術を確立する。これらの取組により、製造現場における制御システム等の優先度の高いアプリケーションの動作に必要な一塊のデータブロックを規定時間内に配送する遅延保証（パケット多重化した通信に対して 10～100msec 以内）を可能としつつ、スライシングによるネットワーク全体の最適制御を行い、周波数利用効率及び同時利用可能なアプリケーション数を２倍以上とすることを目指す。

４．研究開発内容

（１）概要

本研究開発では、通信要件の異なる複数のアプリケーションが混在する場合においてもリアルタイム性の高いアプリケーションに対して確実に到達保証時間内の通信を可能とするため、Wi-Fi、Bluetooth、特定小電力無線、ローカル 5G 等の様々な無線通信と有線通信が融合したヘテロロジーニアスなネットワーク環境において、ネットワーク内に分散された複数の異なる周波数帯の無線リソースを仮想的に 1 つのリソースとみなし特定のアプリケーションに対して優先度に応じた割り込み処理や時限的な専用帯域を予約・確保することにより通信の到達保証を行う技術、ネットワークの状態を考慮しつつアプリケーションの要求に応じて動的に最適制御を行うネットワークスライシング技術の確立に向け、以下の区分により研究開発を実施する。

- ア 無線リソースの仮想化・動的管理及び遅延保証技術
- イ オンデマンドネットワークスライシング技術

なお、各技術の開発に当たっては、各区分の研究成果を周波数有効利用技術として統合して研究開発目標を達成するため、本研究開発全体の取りまとめを行う実施者を定めるとともに、各区分の研究開発実施者は相互に連携・協力して研究開発を

実施する。

更に、これらの研究開発成果を広く展開することで、社会実装にも寄与するため、国内及び海外の動向を調査し、実用化や国際標準化を目指した取組を推進する。

(2) 技術課題および到達目標

ア 無線リソースの仮想化・動的管理及び遅延保証技術

技術課題

無線通信特有の課題として、ノイズや他通信からの干渉、パケットロス等により常に通信が途絶・遅延する可能性があるため、従来のローカルエリアネットワークにおける固定的なスケジューリングではリアルタイム性の高いアプリケーションからの突発的な通信に対応し、データ到達時間の保証を行うことができない。また、とりわけ製造分野における有線系ネットワークは集中制御を前提としているため、自律分散制御を前提としている無線 LAN 等の複数の無線システムが有線系ネットワークと融合したヘテロジニアスなネットワーク環境においては、統合的なリソース制御・管理をどのように実現するかという課題がある。こうした課題に対応し、通信要件の異なる複数のアプリケーションが混在する場合においてもリアルタイム性の高いアプリケーションに対してデータ到達時間を保証し、高信頼な通信を可能とするため、以下の研究開発を実施する。

- ・ローカルエリアネットワーク内に分散された無線リソースを仮想的に一つのリソースとみなして集中的に制御することで高速かつ最適なスケジューリングを行う技術
- ・周囲の電波環境等を踏まえ、無線区間の特徴的な環境変動を推定しつつ実際の無線環境情報を加味して、アプリケーションの動作に必要なデータ全体が到達するまでの到達時間を含めて通信環境を評価する技術
- ・無線ネットワークの通信状況、アプリケーションからの要求条件等を高速で収集・分析するエッジ処理技術
- ・上位層のアプリケーションの許容遅延に応じて、下位層の無線環境の情報を踏まえつつ、割り込み処理や時限的な専用帯域の事前確保を行うことで、アプリケーションが必要とするデータブロックの到達時間保証を行う技術

到達目標

ネットワークにおける統合的なリソース管理のための情報収集及び分析を高速に行い、制御システム、AGV (Automated Guided Vehicle) 及び高精細画像伝送等、到達時間保証が必要な少なくとも 3 種類の異なるアプリケーション (10msec、20msec、100msec の遅延保証が必要と仮定) に対して、時限的な専用帯域の確保により各アプリケーションの動作に必要な特定のデータブロックの到達時間保証を可能とする有無線ネットワーク制御技術を開発する。なお、到達時間保証の実現にあたっては、他のシステム等からの電波干渉があり通信要件の異なる複数のアプリケーションが混在する環境を前提とし、共用周波数における

最小帯域幅のチャネル（例：各アプリケーションが 802.11a（AGV）、802.11ac（リモート制御）、802.11ax（高精細映像監視）を使用している場合、最小帯域は 20MHz）を用いて遅延保証を行う。当該技術及び課題イで開発する技術を連携させることにより、遅延保証と周波数利用効率の向上を両立し、パケット多重化した通信に対しては、End-to-End で 10msec、20msec、100msec 以下の遅延保証を行いつつ、固定割り当てと比較して周波数利用効率 2 倍以上の向上を実現する。

イ オンデマンドネットワークスライシング技術

技術課題

一般に、到達時間保証及び高速大容量通信には多くのリソースが必要であり、固定的なリソース配分では多様なアプリケーションを同時に収容することができず、常時専用帯域を確保すると周波数の逼迫が生じるという課題がある。加えて、マルチパスフェージングや同一チャネル間干渉等の影響等により動的に通信環境が変動する無線通信においては、有線ネットワークで固定的に実施されているネットワークスライシング技術をそのまま適用することも困難である。こうした課題に対応し、多様な通信要件のアプリケーションを限られた周波数資源内に収容することを可能とするため、以下の研究開発を実施する。

- ・各無線通信の送信電力やデータレート等を協調制御することにより無線通信の干渉低減を行う技術
- ・ハードウェアの応答時間や制御限界等を考慮しつつアプリケーションの要求に応じて動的に変動する有無線ネットワークの資源を仮想化し、データリンク層の制御により適応的にスライシング（資源割り当て）することでネットワーク全体の最適制御を行う技術
- ・仮想化された無線リソースを基にアプリケーションの通信要件を満たす通信経路を高速に確保する技術

到達目標

到達時間保証が必要な少なくとも 3 種類の異なるアプリケーション（10msec、20msec、100msec の遅延保証が必要と仮定）が共存する状況において動的に変動する有無線ネットワークを適応的にスライシングすることによりネットワーク全体の最適制御を行い、多様な通信要件のアプリケーションを同時に収容することを可能とする。また、無線通信でネットワークスライシングを実現するために、無線通信の到達範囲や通信環境を考慮しつつ、各無線通信の送信電力及びデータレート等の協調制御により干渉回避を行うとともに、アプリケーションの要求に応じて適切な通信経路を高速に確保する技術を開発する。当該技術及び課題アで開発する技術を連携させることにより、時限的に確保された仮想の専用帯域に対して必要な周波数及び送信タイミング等の制御を可能とし、各アプリケーションに必要なデータ到達時間について 10msec、20msec、100msec の遅延保証を行う。また、限られた無線リソースを動的かつ最適に配分することで、周波数利用効率

を固定割当ての場合と比較して2倍以上に向上させ、同種のアプリケーションについて同時利用可能な数を2倍以上に増加させる。

なお、上記課題ア、イの目標を達成するに当たっての年度毎の目標については、以下を記載例として、提案する研究計画に合わせて設定すること。

(例)

＜令和3年度＞

ア 無線リソースの仮想化・動的管理及び遅延保証技術

- ・動的リソース最適割当て技術の開発
- ・動的専用帯域確保技術の開発
- ・無線環境アセスメント技術の開発
- ・高速エッジ処理技術の開発

イ オンデマンドネットワークスライシング技術

- ・協調制御技術の開発
- ・オンデマンドネットワークスライシング最適化アルゴリズム検討のためのシミュレーション
- ・オンデマンドネットワークスライシング評価システムの開発
- ・適応的高速通信経路確立技術の開発

＜令和4年度＞

ア 無線リソースの仮想化・動的管理及び遅延保証技術

- ・動的リソース最適割り当て技術及び動的専用帯域確保技術統合
- ・無線環境アセスメント技術を用いた評価システム設計
- ・高速エッジ処理技術の改良

イ オンデマンドネットワークスライシング技術

- ・協調制御技術及びオンデマンドネットワークスライシング技術統合
- ・適応的高速通信経路確立技術の改良

＜令和5年度＞

ア 無線リソースの仮想化・動的管理及び遅延保証技術

- ・統合システム実装
- ・統合システム評価・実証

イ オンデマンドネットワークスライシング技術

- ・オンデマンドネットワーク技術及び適応的高速通信経路確立技術統合
- ・統合システム実証

5. 実施期間

令和3年度から令和5年度までの3年間

6. その他

(1) 成果の普及展開に向けた取組等

①国際標準化等への取組

国際競争力の強化を実現するためには、本研究開発の成果を研究期間中及び終了後、速やかに関連する国際標準化規格・機関・団体へ提案を実施することが重要である。このため、研究開発の進捗に合わせて、国際標準への提案活動を行うものとする。標準化活動の推進にあたっては、社会実装・製品展開と合わせて検討を行うことが効果的であるため、関連企業との連携も見据えた提案を行うこと。なお、提案を想定する国際標準規格・機関・団体及び具体的な標準化活動の計画を策定した上で、提案書に記載すること。

②実用化への取組

研究開発期間終了後も引き続き取り組む予定の「本研究開発で確立した技術の普及啓発活動」及び令和10年度までの実用化・製品展開等を実現するために必要な取組を図ることとし、その活動計画・実施方策については、提案書に必ず具体的に記載すること。

(2) 提案および研究開発に当たっての留意点

提案に当たっては、基本計画書に記されている目標に対する達成度を評価することが可能な具体的な評価項目を設定し、各評価項目に対して可能な限り数値目標を定めること。また、従来の技術との差異を明確にした上で、各技術課題の解決手段が主にソフトウェア開発又はハードウェア開発のいずれによるものかを明記し、技術課題及び目標達成に向けた研究方法、実施計画及び年度目標について具体的かつ実効性のある提案を行うこと。

研究開発の実施に当たっては、関連する要素技術間の調整、成果の取りまとめ方等、研究開発全体の方針について幅広い観点から助言を頂くと共に、実際の研究開発の進め方について適宜指導を頂くため、学識経験者、有識者等を含んだ研究開発運営委員会等を開催する等、外部の学識経験者、有識者等を参画させること。

なお、本研究開発において実用的な成果を導出するための共同研究体制又は研究協力体制について、研究計画書の中にできるだけ具体的に記載すること。